

AB

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 11-177493

(43) Date of publication of application : 02.07.1999

(51) Int.CI. H04B 10/02  
H04B 10/18  
H01S 3/10

(21) Application number : 09-363477 (71) Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

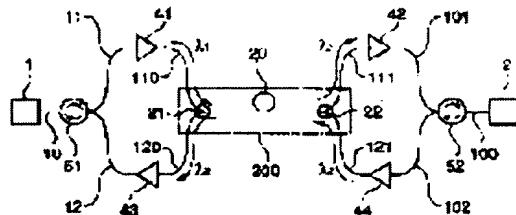
(22) Date of filing : 16.12.1997 (72) Inventor : OKUNO TOSHIAKI  
ONISHI MASASHI  
NISHIMURA MASAYUKI

## (54) DISPERSION COMPENSATION CIRCUIT

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a dispersion compensation circuit that is simpler and of lower cost than a conventional dispersion compensation circuit.

**SOLUTION:** In an optical transmission system, in which transmission is conducted bidirectionally by wavelength division multiplex transmission, pluralities of directional relay amplifiers 41-44, that are set to branched optical transmission lines 11, 12, 110, 120, 111, 101, 121, 102, amplify optical signals in each direction. The dispersion compensation circuit that conducts bidirectional dispersion compensation is provided with branching elements 21, 22 set respectively between two relay amplifiers 41, 42 and between 43, 44 in each direction and connecting the branched optical transmission lines at both ends and with a dispersion compensation device 20 set between the branching elements.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.04.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 分岐した光伝送路に配置されたそれぞれ方向性を有する複数の中継増幅器により各方向の信号光の増幅を行う、波長分割多重伝送により双方向に伝送が行われる光伝送システムで、それぞれの方向の2台の中継増幅器の間に配置される分散補償回路であって、この分散補償回路の両端に配置されて分岐した光伝送路を集合させる分岐素子と、この分岐素子の間に配置された分散補償器とを備え、双方向の分散補償を行うことを特徴とする分散補償回路。

【請求項2】 前記分散補償器が、分散補償ファイバを含むことを特徴とする請求項1に記載の分散補償回路。

【請求項3】 分岐した光伝送路に配置されたそれぞれ方向性を有する複数の中継増幅器により各方向の信号光の増幅を行う、波長分割多重伝送により双方向に伝送が行われる光伝送システムで、それぞれの方向の2台の中継増幅器の間に、請求項1または2に記載の分散補償器を備えることを特徴とする光増幅モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、分散補償回路に関する。より詳細には分散補償ファイバ(DCF)等の分散補償器の数を従来よりも減らして同等の効果を挙げることが可能な分散補償回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光通信において、波長の異なる複数の信号光を波長多重して双方向の伝送をおこなうことが行われている。波長分割多重伝送(WDM)は、光通信における伝送容量を拡大するのに有効であるが、光ファイバには波長の違いによって光の伝搬時間が異なる性質(波長分散)がある。信号光は有限の帯域、即ち複数の波長成分を有しており、この波長分散によって各波長間での時間軸上でのずれが生じ、信号波形が広がることになる。一方、零分散波長という各光ファイバに特定の波長近傍では、この波長分散の影響が極めて小さい。しかしながら、上記の波長多重伝送において、全ての波長の分散が0になる光ファイバを製造することは困難である。

【0003】 そこで、多重化された信号光の累積波長分散を補償する装置や方法が、特開平7-327012号、特開平8-307347号、特開平8-234255号、特開平8-204258号、特開平7-202798号等に記載されている。しかしながら、これらの分散補償装置および方法は、事实上各方向にそれぞれ専用の光ファイバ伝送路を有しており、それぞれの伝送路に分散補償器を配置する必要があった。

【0004】 図3を参照して、従来の分散補償回路の一例を説明する。図3は、第1および第2の光送受信器1および2間で波長 $\lambda_1$ および $\lambda_2$ の光を用いた波長分割多重伝送で双方向の通信を行う回路の概略図である。図3の回路では、光送受信器1の送信器から発せられた波

長入<sub>1</sub>の信号光は、光ファイバ10を伝搬してサーチューラー51により光ファイバ11に伝搬され、第1の中継増幅器41、分散補償器としての分散補償ファイバモジュール(DCFM)81、第2の中継増幅器42を経て光ファイバ101に伝送され、サーチューラー52により光ファイバ100に伝送されて光送受信器2の受信器に到達する。一方、光送受信器2の送信器から発せられた波長入<sub>2</sub>の信号光は、光ファイバ100、サーチューラー52、光ファイバ102、中継増幅器44、分散補償ファイバモジュール82、中継増幅器43、光ファイバ12、サーチューラー51、光ファイバ10を経て光送受信器1の受信器に到達する。なお、ここで、中継増幅器41~44には、エルビウム波加光ファイバアンプ(以下EDFAと記す)が使用されている。

【0005】 一般に、中継増幅器41~44に使用されているEDFAはアイソレータを含んでいて方向性を有するため、双方向伝送においても中継増幅器の部分だけは分岐しなければならない。従来は、その分岐部分に分散補償器を配置していたので、分散補償器が2個以上必要であった。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 そこで本発明の目的は、上記従来の分散補償回路より単純で低成本の分散補償回路を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明に従うと、分岐した光伝送路に配置されたそれぞれ方向性を有する複数の中継増幅器により各方向の信号光の増幅を行う、波長分割多重伝送により双方向に伝送が行われる光伝送システムで、それぞれの方向の2台の中継増幅器の間に配置される分散補償回路であって、この分散補償回路の両端に配置されて分岐した光伝送路を集合させる波長選択型分岐素子と、この波長選択型分岐素子の間に配置された分散補償器とを備え、双方向の分散補償を行うことを特徴とする分散補償回路が提供される。

## 【0008】

【発明の実施の形態】 本発明の分散補償器は、分散補償ファイバを含むことが好ましい。また、本発明においては、分岐した光伝送路に配置されたそれぞれ方向性を有する複数の中継増幅器により各方向の信号光の増幅を行う、波長分割多重伝送により双方向に伝送が行われる光伝送システムで、それぞれの方向の2台の中継増幅器の間に、上記本発明の分散補償器を備えることを特徴とする光増幅モジュールが提供される。

【0009】 以下、本発明を実施例によりさらに詳しく説明するが、以下の開示は本発明の単なる実施例に過ぎず、本発明の技術的範囲をなんら制限するものではない。

## 【0010】

【実施例】 図1(a)を参照して、本発明の分散補償回路

の第1の実施例を説明する。図1(a)は、本発明の分散補償回路を備える波長分割多重伝送で双方の通信を行う回路の一例の概略図で、第1および第2の光送受信器1および2間で波長入<sub>1</sub>および入<sub>2</sub>の光を用いて通信を行う。信号光波長入<sub>1</sub>および入<sub>2</sub>は、通常1.5 μm帯であり、特に、一方の信号帯域が、1525~1545nm内にあり、他方の信号帯域が、1545~1565nm内にあることが一般的である。図1(a)の回路において、第1の光送受信器1に入出力ポートは光ファイバ10に接続され、光ファイバ10は、3端子のサーチュレータ51に接続されている。サーチュレータ51の他のポートには光ファイバ11および12が接続され、光ファイバ11は、中継増幅器41の入力ポートに接続され、中継増幅器41の出力ポートには、光ファイバ110が接続されている。光ファイバ110の他端は3端子の波長選択性分岐素子21に接続されている。一方、光ファイバ12は、中継増幅器43の出力ポートに接続され、中継増幅器43の入力ポートには、光ファイバ120が接続されている。光ファイバ120の他端はやはり波長選択性分岐素子21に接続されている。

【0011】ここでは、波長選択性分岐素子21の残りのポートに、伝送路中の負の累積分散を補償するための正の分散値を有する1.3 μm零分散シングルモードファイバ20が接続され、このシングルモードファイバ20はさらに3端子の波長選択性分岐素子22に接続されている。伝送路に1.55μm帯の分散値が-2ps/nm/kmであるような分散シフトファイバを使用した場合、上記のシングルモードファイバ20には、1.55μm帯における損失が0.2dB/kmで分散が+17ps/nm/kmであるようなマッチド型の特性を有するものが使用できる。このようなシングルモードファイバを分散補償ファイバに使用した例は、1996年情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演予稿集第173頁に記載されている。

【0012】波長選択性分岐素子22には、光ファイバ111および121が接続され、光ファイバ111は中継増幅器42の入力ポートに接続され、中継増幅器42の出力ポートには、光ファイバ101が接続されている。光ファイバ101は、3端子のサーチュレータ52に接続されている。光ファイバ121は中継増幅器44の出力ポートに接続され、中継増幅器44の入力ポートには、光ファイバ102が接続されている。光ファイバ102の他端はやはりサーチュレータ52に接続されている。サーチュレータ52には、光ファイバ100が接続され、光ファイバ100には第2の光送受信器2が接続されている。

【0013】光送受信器1の送信器から発せられた波長入<sub>1</sub>の信号光は、光ファイバ10を伝搬してサーチュレータ51により光ファイバ11に伝搬され、第1の中継増幅器41、光ファイバ110、第1の波長選択性分岐素子21、シングルモードファイバ20、第2の波長選択性分岐素子22、光ファイバ111、第2の中継増幅器42を経て光ファイバ101に伝搬され、サーチュレータ52により光ファイ

バ100に伝送されて光送受信器2の受信器に到達する。一方、光送受信器2の送信器から発せられた波長入<sub>2</sub>の信号光は、光ファイバ100、サーチュレータ52、光ファイバ102、中継増幅器44、光ファイバ121、波長選択性分岐素子22、シングルモードファイバ20、波長選択性分岐素子21、光ファイバ120、中継増幅器43、光ファイバ12、サーチュレータ51、光ファイバ10を経て光送受信器1の受信器に到達する。中継増幅器41~44はEDFAを使用することが好ましい。波長分割多重伝送において、EDFAを使用する例は、社団法人電子情報通信学会発行の信学技報OCS95-36(1995年7月)の第21~26頁等に記載されている。

【0014】また、上記の回路において、波長選択性分岐素子21、シングルモードファイバ20および波長選択性分岐素子22を備える部分が本発明の分散補償回路200となる。シングルモードファイバ20の分散値は、双方向性を有しどちらの方向でも等しいので本発明の分散補償回路200は、光送受信器1から2へ伝送される波長入<sub>1</sub>の信号光でも、また、光送受信器2から1へ伝送される波長入<sub>2</sub>の信号光でも分散補償を行うことができる。

【0015】波長選択性分岐素子21および22は、3端子以上の光入出力端子を有し、その内1端子は特定の波長範囲の光の入出力が可能で、別の1端子はそれとは異なる波長範囲の光の入出力が可能で、さらに1端子は、何れの波長範囲の光の入出力も可能に構成されている素子である。図4を参照して波長選択性分岐素子の構成を説明する。図4は、波長選択性分岐素子の構成を模式的に示した図である。波長選択性分岐素子は主に第1の光路401に設けられた全反射ミラー403と第2の光路402に設けられた誘電体多層膜フィルタ404とで構成されており、誘電体多層膜フィルタ404は波長入<sub>1</sub>の光は透過するが、波長入<sub>2</sub>の光は反射するよう構成されている。第1の光路401を図面右方向から進行してきた波長入<sub>1</sub>の光は全反射ミラー403で反射されて誘電体多層膜フィルタ404に向かい、誘電体多層膜フィルタ404で再度反射されて第2の光路402を図面左方向へ進行する。一方、第2の光路402を図面左方向から進行してきた波長入<sub>1</sub>の光は、誘電体多層膜フィルタ404を透過してそのまま第2の光路402を図面右方向へ進行する。本発明の分散補償回路では、波長選択性分岐素子に代えて、サーチュレータを使用することもできる。

【0016】本発明の分散補償回路200においては双方向性を有する分散補償器であれば伝送路の累積分散値の合わせて公知の任意の分散補償器が使用可能である。例えば、上記のシングルモードファイバだけでなく、後述する負の分散スロープを有する二重クラッド型分散補償ファイバや、ファイバグレーディングを含む構成のものでもよい。

【0017】図1(b)を参照して、本発明の分散補償回路の第2の実施例を説明する。図1(b)は、本発明の分

散補償回路を備える。図1(a)に示したものと同様な波長分割多重伝送で双方の通信を行う回路の概略図である。図1(b)の回路の基本的な構成は図1(a)に示したものと同様であるので、以下の説明は相違点を中心に行う。

【0018】図1(b)の回路では、図1(a)の回路と比較して波長選択型分岐素子21および22がサーチュレータ51および52に入れ替わって配置されている。すなわち、図1(b)の回路において、第1の光送受信器1に入出力ポートは光ファイバ10に接続され、光ファイバ10は、3端子の波長選択型分岐素子21に接続されている。波長選択型分岐素子21の他のポートには光ファイバ11および12が接続され、光ファイバ11は、中継増幅器41の入力ポートに接続され、中継増幅器41の出力ポートには、光ファイバ110が接続されている。光ファイバ110の他端は3端子のサーチュレータ51に接続されている。一方、光ファイバ12は、中継増幅器43の出力ポートに接続され、中継増幅器43の入力ポートには、光ファイバ120が接続されている。光ファイバ120の他端はやはりサーチュレータ51に接続されている。サーチュレータ51の残りのポートに、伝送路中の正の累積分散を補償するための負の分散スローパーを有する二重クラッド型分散補償ファイバ201が接続され、この分散補償ファイバ201はさらに3端子のサーチュレータ52に接続されている。

【0019】伝送路に $1.55\mu m$ 帯の分散値が $+17ps/nm/km$ であるようなシングルモードファイバを使用した場合、上記の分散補償ファイバ201には、 $1.55\mu m$ 帯における損失が $0.5dB/km$ で分散が $-100ps/nm/km$ であるような二重クラッド型のものが使用できる。このような二重クラッド型ファイバを分散補償ファイバに使用した例は、1996年情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演予稿集第172、173、298頁等に記載されている。

【0020】サーチュレータ52には、光ファイバ111および121が接続され、光ファイバ111は中継増幅器42の入力ポートに接続され、中継増幅器42の出力ポートには、光ファイバ101が接続されている。光ファイバ101は、3端子の波長選択型分岐素子22に接続されている。光ファイバ121は中継増幅器44の出力ポートに接続され、中継増幅器44の入力ポートには、光ファイバ102が接続されている。光ファイバ102の他端はやはり波長選択型分岐素子22に接続されている。波長選択型分岐素子22には、光ファイバ100が接続され、光ファイバ100には第2の光送受信器2が接続されている。

【0021】図1(b)の回路では、サーチュレータ51、二重クラッド型分散補償ファイバ201およびサーチュレータ52を備える部分が本発明の分散補償回路200となる。二重クラッド型分散補償ファイバ201の分散値は、双方向性を有しどちらの方向でも等しいので本発明の分散補償回路200は、光送受信器1から2へ伝送される波長入<sub>1</sub>の信号光でも、また、光送受信器2から1へ伝送

される波長入<sub>2</sub>の信号光でも分散補償を行うことができる。例えば、入<sub>1</sub>を $1538nm$ 、入<sub>2</sub>を $1552nm$ とし、波長選択型分岐素子21および22には、波長 $1545nm$ を中心に長波長側と短波長側の2つの光路に分岐させる分岐素子を使用できる。本実施例のような二重クラッド型分散補償ファイバを使用した場合には、図1(a)のシングルモードファイバを使用した場合と異なり、複数の波長の信号光の波長分散をほぼ完全に補償できるので、波長ごとに分散補償を微調整する必要がない。

【0022】図1(c)を参照して参考して、本発明の分散補償回路の第3の実施例を説明する。図1(c)は、本発明の分散補償回路を備える、図1(a)、図1(b)に示したものと同様な波長分割多重伝送で双方の通信を行う回路の概略図である。図1(c)の回路の基本的な構成は図1(a)、図1(b)に示したものと同様であるので、以下の説明は相違点を中心に行う。

【0023】図1(c)の回路では、図1(a)の回路と比較してサーチュレータ51および52に代えて波長選択型分岐素子23および24が配置されている。すなわち、図1(c)の回路において、第1の光送受信器1に入出力ポートは光ファイバ10に接続され、光ファイバ10は、3端子の波長選択型分岐素子23に接続されている。波長選択型分岐素子21の他のポートには光ファイバ11および12が接続され、光ファイバ11は、中継増幅器41の入力ポートに接続され、中継増幅器41の出力ポートには、光ファイバ110が接続されている。光ファイバ110の他端は3端子の波長選択型分岐素子21に接続されている。一方、光ファイバ12は、中継増幅器43の出力ポートに接続され、中継増幅器43の入力ポートには、光ファイバ120が接続されている。光ファイバ120の他端はやはり波長選択型分岐素子21に接続されている。波長選択型分岐素子21の残りのポートには、図1(b)のものと同様な負の分散スローパーを有する二重クラッド型分散補償ファイバ201が接続され、この二重クラッド型分散補償ファイバ201はさらに3端子の波長選択型分岐素子22に接続されている。波長選択型分岐素子22には、光ファイバ111および121が接続され、光ファイバ111は中継増幅器42の入力ポートに接続され、中継増幅器42の出力ポートには、光ファイバ101が接続されている。光ファイバ101は、3端子の波長選択型分岐素子24に接続されている。光ファイバ121は中継増幅器44の出力ポートに接続され、中継増幅器44の入力ポートには、光ファイバ102が接続されている。光ファイバ102の他端はやはり波長選択型分岐素子24に接続されている。波長選択型分岐素子24には、光ファイバ100が接続され、光ファイバ100には第2の光送受信器2が接続されている。

【0024】二重クラッド型分散補償ファイバ201における損失は、波長が短い信号光のほうが大きいので、アンプのゲインが全て等しい場合には、光送受信器1および2にそれぞれ入力される波長入<sub>1</sub>および入<sub>2</sub>の信号光

(5)

特開平11-177493

の内、波長の長い方の信号出力が大きくなる。一方、光增幅器は、一般に特定の波長の信号光で設計された場合、それ以外の波長では増幅率が変化したり、ノイズが増加したりすることがある。従って、本実施例の回路では、それぞれ二重クラッド型分散補償ファイバ201を通過した後の中継増幅器42および43でそれらの信号光の出力を均一化するように調整している。この場合、必ずしも2台の中継増幅器42および43で出力の調整を行う必要はなく、波長の短い信号光が通過する中継増幅器のみゲインを大きくして信号光出力の調整を行ってもよい。

【0025】上述のように、図1(a)に示したマッチド型の特性を有するシングルモードファイバを分散補償ファイバに使用した場合、1台の分散補償器で波長入<sub>1</sub>および入<sub>2</sub>の2波長の信号光の分散補償を行うので、分散補償が不完全な場合がある。図2を参照して、このような不完全な分散補償を微調整する構成を示す。図2(a)～(d)は、微調整用の分散補償器61および62を備える本発明の分散補償回路の例をそれぞれ示す。図2(a)～(d)では、光送受信器1および2は省略してあるが、回路の主要部分は図1のものと同様である。波長入<sub>1</sub>の信号光用の微調整用分散補償器61は、光ファイバ110または111上のどちらかに配置されればよく、波長入<sub>2</sub>の信号光用の微調整用分散補償器62は、光ファイバ120または121上のどちらかに配置されればよい。従って、微調整用分散補償器61および62の配置の組み合わせは、図2(a)～(d)示した4通りになる。微調整用分散補償器61および62が、分散補償ファイバである場合には、それらの長さは、分散補償ファイバ20の長さよりもはるかに短い。また、図1(b)および(c)のように負の分散スロープを有する二重クラッド型分散補償ファイバ複数の波長における

分散補償をほぼ完全に行うことができる。

【0026】なお、上記本発明の分散補償回路200は、EDFAを使用した中継増幅器41～44と組み合わせて、EDFAモジュールとして供給されてもよい。

【0027】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明の分散補償回路は、波長分割多重伝送で双方向の通信を行う回路において、1台で双方の信号光の分散補償を行うことができる。また、波長による損失を補うようゲイン、出力を調整したEDFAと組み合わせてモジュールとして最適設計を行うことにより、安定した出力特性が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(b)は、本発明の分散補償回路を含む波長分割多重伝送で双方向の通信を行う回路の概略図である。

【図2】(a)～(d)は、図1の回路に微調整用の分散補償器を取り付けた場合の概略図である。

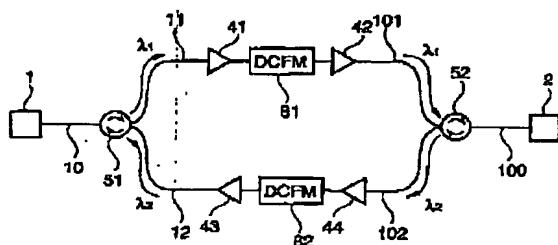
【図3】従来の分散補償回路を含む波長分割多重伝送で双方の通信を行う回路の概略図である。

【図4】波長選択型分岐素子の構成を示す模式図である。

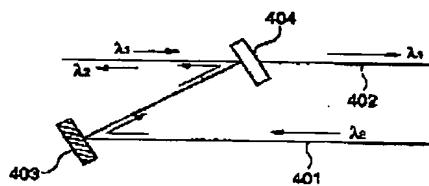
【符号の説明】

- 1, 2 光送受信器
- 5, 51, 52 サーキュレータ
- 10, 11, 12, 100, 101, 102, 110, 111, 120, 121 光ファイバ
- 20, 201 分散補償ファイバ
- 21, 22 波長選択型分岐素子
- 41, 42, 43, 44 中継増幅器

【図3】



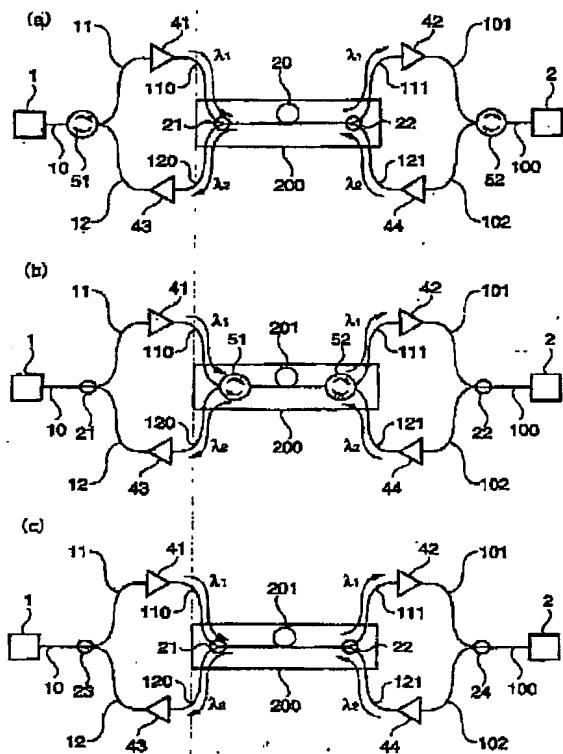
【図4】



(6)

特開平11-177493

【図1】



【図2】

